

## 明 細 書

### 片持式垂直軸風車

#### 技術分野

[0001] 本発明は、垂直軸風車の回転支持構造並びに回転トルクの伝達構造に関する。

#### 背景技術

[0002] 揚力型ブレードで風を受ける垂直軸風車には曲線翼を持つダリウス型風車と直線翼ダリウス型風車すなわち直線翼型垂直軸風車があり、これら垂直軸風車は水平軸プロペラ型風車と同じく原理的には出力性能の優れた揚力形原理で作動する風車であり、風向を選ばない点や小型化あるいは都市部用途に適した長所を有する。垂直軸風車のロータの支持構造としては、とくに直線翼風車では設置に好都合な片持構造すなわち風車回転体を支える固定支柱の一端が自由端で他端が固定端である片持式垂直軸風車が存在する。大型の曲線翼ダリウス風車においては、風車最上部の回転軸の内側中心部に静止軸を有してこの静止軸に他端が地上に繫留されているケーブルを四方からつないで引っ張ることによって風車を垂直に支えている、即ち風車の上下がそれぞれ固定支持されているもの(両持式)が多く、ほかに小型の曲線翼ダリウス風車で直線翼風車と同じく片持構造の固定支柱で回転体を支えているものがある。当発明は、このような片持式垂直軸風車の回転体の具体的な支持構造とそれに伴う回転トルク伝達機構に関して従来技術よりも優れた解決策を提供するものである。

[0003] 従来、垂直軸回転型のサボニウス型風車においてその上端および下端の回転面上でかつ、同風車の受風面に沿って回転軸を通る支持フレームとサボニウス翼と十分離れた位置にその支持フレームによって上下を支持された揚力利用の翼とで構成され、回転軸には発電機設置したことを特徴とする風車が知られている(例えば、特許文献1参照)。

[0004] また従来、発電機に連結連動される回転軸に取付けられた直線翼型風車と、この回転軸に回転自在に取付けられて小さい風力で駆動トルクを発生する起動用風車と、起動用風車と直線翼型風車との間に介在されて起動用風車の回転を一方向にの

み直線翼型風車に伝達する連結手段とを具備し、この連結手段により、低速回転時に起動風車の駆動トルクを直線翼型風車に伝達し、直線翼型風車の回転速度が起動用風車を越えた時に直線翼型風車を起動用風車から切り離すように構成したことを特徴とする小型風力発電装置が知られている(例えば、特許文献2参照)。

- [0005] また、大型のダリウス型風車では、風車頭頂部を四方からケーブルで牽引し風車からかなり離れた位置にケーブル端を固定して風車が倒れぬように垂直に支えている(例えば、非特許文献1参照)。

特許文献1:特開平11-294313号公報 (第1-2ページ、第1図)

特許文献2:特開平11-201020号公報 (第1-3ページ、第2図)

非特許文献1:David A.Spera, Wind turbine technology, Figure 2-7, ASME Press  
1994

## 発明の開示

### 発明が解決しようとする課題

- [0006] 特許文献1に記載のハイブリッド風車発電方式では、比較的低い高さのサボニウス型風車を中心に、その上端および下端の回転面上に、回転軸を通り受風面に沿って左右対称に伸びた二本の支持フレームを設置し、2本の支持フレームの両端にプロペラ型の揚力利用の翼を回転軸と並行に垂直に設置し、翼は回転円の外側に曲面、内側に平面が向くように配置している。
- [0007] 特許文献1の図2に示されるように、支持フレーム2は回転軸4に取り付けられている。支持架台6の上部には、回転軸4を回動可能に軸支するための発電機及び軸受装置5を設けてある。風車の回転軸は軸受の内輪側であるので、風車が風を受ける力点の位置と、軸受が存在する支点の位置とが離れているために、風車が受ける風や翼の揚力差によって風車の回転軸が大きく撓み、風車が振れ回るといった不具合を生じていた。
- [0008] この回転軸が撓む方向は、風車の回転にともなって変化するので、1次のモードでは少なくとも1回転に1回の振動を繰り返している。揚力形の風車の回転体は、風速の2倍から10倍程度の先端速度で回転する。この振動数は、風車の大きさや振動モードによっても異なるが、1次のモードだけに注目してみても0~20Hzの範囲となる

ので、構造物の固有振動数と共振する可能性が高い。風車が共振した場合には、異常な振動や騒音の原因となるだけでなく、風車の構造物自体や回転軸、又は軸受等が繰返し荷重によって破損する可能性があるなど、耐久性に悪影響を及ぼすこととなる。

[0009] また、回転体が比較的高速で回る際に、風力や回転体のアンバランスにより回転軸に撓みが発生すると、その撓んだ半径(偏心量)と角速度の二乗に比例した遠心力が回転体に加わるので、更に回転体の撓みが増大してアンバランスが増幅されるという不具合を生じていた。

[0010] 特許文献2に記載の小型風力発電装置は、たとえば民家の屋根やマンションの屋上等に設置可能な簡易型の発電装置である。特許文献2の図1に示すように小型風力発電装置は、屋根に固定されたルーフ架台10にベアリング10aを介して同軸状の2重の回転軸3A、3Bが回転自在に立設され、ステア4にステアベアリングに4aを介して支持されている。

[0011] 特許文献2に記載の風車も回転軸は軸受の内輪であるとともに、風車が風を受ける力点の位置と、軸受が存在する支点の位置とが離れているために、風車が受ける風や翼の揚力差、遠心力によって風車の回転軸が大きく撓むという不具合を生じていた。

[0012] 特許文献2に記載の小型風力発電装置で回転軸の振れ回りを減少させようとする、回転軸をかなり太くする設計を行なう必要があり、更に下部にある2つの軸受の距離を遠く離す必要があるため、軸の重量増大と軸長方向のスペースの増大により設置上不利となる。

[0013] また特許文献2に記載の小型風力発電装置では、回転軸下部のルーフ架台の部分に、発電機と専用設計の動力伝達機構とを搭載しなければならず、動力伝達機構のメンテナンスや信頼性、ギヤによる騒音および設置スペースの点で不利であるという不具合を生じていた。

[0014] このように、従来の垂直軸風車に見られる内輪側の軸回転方式では、支持アーム下側の軸受部分の軸長を長くする必要があり、発電機の設置スペースも必要であった。したがって、垂直軸風車の高さが高くなり、風車全体の曲げモーメント増大も大き

な障害になっていた。それゆえ、既設の柱に追設する場合にも全高が大幅に高くなるので、柱の頭頂部に風車を追加設置することは難しく、柱の横に装置全体を抱かせる形で設置していた。この設置方法は、環境美観上劣ったものになりがちであった。

- [0015] 上述のように、経年変化の問題を含めて小型風力発電装置の寿命を考慮すると、従来の構造では根本的な改善が難しいという不具合を生じていた。
- [0016] また、非特許文献1に記載のダリウス風車においては、頭頂部を周囲からケーブルで牽引し遠方にケーブルの端を固定しなければならないため、そのための広いスペースを必要とし且つ現地の景観に悪影響を及ぼすという問題があった。
- [0017] そこで本発明は上記従来の状況に鑑み、回転軸に生ずる繰返し荷重を減らすことが可能な片持式垂直軸風車を提供することを目的としている。また本発明は、安定して運転し得る高度の振動安定性を有し、且つ大きな騒音を発生するなど付随問題の少ない小型の片持式垂直軸風車を提供することを目的としている。

#### 課題を解決するための手段

- [0018] 上記課題を解決するために本発明に係る片持式垂直軸風車は、複数のブレードを有し、風力により回転トルクを発生する外輪側回転体と、一方の端が外部に拘束されない自由端で他方の端が固定端である1本の内輪側固定柱と、外輪側回転体と内輪側固定柱との間に装着され、内輪側固定柱上で外輪側回転体を支える複数の軸受とを備えたことを特徴とするものである。
- [0019] また、本発明に係る片持式垂直軸風車は、複数のブレードを有し、風力により回転トルクを発生する外輪側回転体と、一方の端が外部に拘束されない自由端で他方の端が固定端である1本の内輪側固定柱と、外輪側回転体と内輪側固定柱との間に装着され、内輪側固定柱上で外輪側回転体を支える複数の軸受とを備え、前記軸受を、外輪側回転体に水平方向の風力が作用する風圧中心位置よりも上側に少なくとも1個、該風圧中心位置よりも下側に少なくとも1個設けることを特徴とするものである。
- [0020] 本発明においては、風力により回転トルクを発生する外輪側回転体と、一方の端が外部に拘束されない自由端で他方の端が固定端である1本の内輪側固定柱と、外輪側回転体と内輪側固定柱との間に装着され、内輪側固定柱上で外輪側回転体を支

える複数の軸受を備え、例えば軸受を外輪側回転体に水平方向の風力が作用する風圧中心位置よりも上側に少なくとも1個、該風圧中心位置よりも下側に少なくとも1個設けることで、全高の低い片持式垂直軸風車を提供することが可能となり、更に回転機構全体の振動問題の発生を大幅に減少させることにより振動安定性と耐久性の優れた風力発電機を人々の生活圏に近い場所に設置することが可能となる。

[0021] また、固定軸(固定柱)を軸受の内輪側とすることによって、固定軸に作用する荷重がほぼ一方向の荷重になるので振動の少ない安定した小型の風力発電機を提供することが可能となる。

[0022] また、片持式の内輪側固定柱の開放端側に発電機を設けることができるので、風車下部の回転軸側面に機械的問題の生じ易いピニオン・増速歯車を設ける必要がなくなるだけでなく、回転軸を下方に長く延長する必要がなくなり自由な意匠デザインを選ぶことが可能になる。

[0023] また、外輪側回転体の回転トルクを発電機に伝達するカップリングに磁気式のカップリングが設けられることで、外輪側回転体の回転軸と内輪側固定柱位置との芯ずれを大きく許容し回転運動に伴う軸受などへの衝撃力と振動を大幅に軽減することが可能となる。

[0024] また、上記課題を解決するために本発明に係る片持式垂直軸風車は、複数のブレードを有し、風力により回転トルクを発生する外輪側回転体と、一方の端が外部に拘束されない自由端で他方の端が固定端である1本の内輪側固定柱と、外輪側回転体と内輪側固定柱との間に装着され、内輪側固定柱上で外輪側回転体を支える複数の軸受と、外輪側回転体に連結され、内輪側固定柱の内部を自由端から固定端方向に貫通して軸端部分が風車の出力軸端機能を担う円柱または中空円筒状のトルク伝達軸とを備えたことを特徴とするものである。

[0025] また、本発明に係る片持式垂直軸風車は、複数のブレードを有し、風力により回転トルクを発生する外輪側回転体と、一方の端が外部に拘束されない自由端で他方の端が固定端である1本の内輪側固定柱と、外輪側回転体と内輪側固定柱との間に装着され、内輪側固定柱上で外輪側回転体を支える複数の軸受と、外輪側回転体に連結され、内輪側固定柱の内部を自由端から固定端方向に貫通して軸端部分が風

車の出力軸端機能を担う円柱または中空円筒状のトルク伝達軸とを備え、軸受を、外輪側回転体に水平方向の風力が作用する風圧中心位置よりも上側に少なくとも1個、該風圧中心位置よりも下側に少なくとも1個設けることを特徴とするものである。

[0026] 本発明においては、風力により回転トルクを発生する外輪側回転体と、一方の端が外部に拘束されない自由端で、他方の端が固定端である1本の内輪側固定柱と、外輪側回転体と内輪側固定柱との間に装着され、内輪側固定柱上で外輪側回転体を支える複数の軸受と、外輪側回転体に連結され、内輪側固定柱の内部を自由端から固定端方向に貫通して軸端部分が風車の出力軸端機能を担う円柱または中空円筒状のトルク伝達軸とを備え、例えば軸受を外輪側回転体に水平方向の風力が作用する風圧中心位置よりも上側に少なくとも1個、該風圧中心位置よりも下側に少なくとも1個設ける。また、内輪側固定柱は内部空間を有する架台の上に搭載され、発電機は前記架台下の内部空間で基礎上に据え付けられ、発電機入力軸が内輪側固定柱の内部から架台内部空間に延びたトルク伝達軸と直接または間接的に連結して、また、トルク伝達軸の上端はフレキシブル継ぎ手を介して前記風車回転体と連結されて、また、トルク伝達軸の振れを抑えて回転位置をガイドするためのトルク伝達軸用軸受を前記トルク伝達軸外周に設けた。

[0027] これにより、発電機を風車の外輪側回転体の回転軸と同心円を維持しつつ外輪側回転体の真下にしかも基礎の上に直接設置することができ、そのため、回転体真下の自由なスペースに発電機ならびに増速機を設けることができ、大きさとレイアウトを自由に設計することが可能になりしかも振動を容易に抑制でき、発電機の大型化が容易になるとともに自由度の高い意匠デザインを実現する可能性が広がる。また、風圧中心位置を跨いだ位置、例えば外輪側回転体の上下2個所に軸受を配するので、風車の軸を下方へ長く伸ばす必要がなく、また軸を振動させる荷重と曲げモーメントの小さな安定した運転を容易に維持することが可能となる。

[0028] また、発電機は地面に設置された架台の中に配置されるため、風車回転中心と増速機と発電機を内輪側固定柱と干渉しあうことなく一軸上にレイアウトすることができ、内輪側固定柱の基礎は増速機および発電機に干渉されずに自由に広げて強度の高い内輪側固定柱、およびその基礎の設計を容易に実現でき、しかも全体をシメト

リックに且つシンプルな外観に設計することが可能となる。

- [0029] また、トルク伝達軸は一端が外輪側回転体と回転中心軸を互いに共有した位置(上端)でフレキシブル継ぎ手を介して連結したあと内輪側固定柱の内部を軸方向に貫通して他端が出力軸端を形成しているので、外輪側回転体とトルク伝達軸の間の芯ずれに対する吸収力が著しく増加することが可能となる。
- [0030] また、トルク伝達軸を中空円筒状にすることで、トルク伝達軸の重量を軽減し且つ芯ずれに対する芯ずれ吸収力が増すことが可能となる。
- [0031] また、トルク伝達軸の振れを抑えて回転位置をガイドするためのトルク伝達軸用軸受をトルク伝達軸の外周に設けたので、トルク伝達軸は大きく振れ回らずに軸受のクリアランス範囲内で安定に回転することが可能となる。

#### 発明の効果

- [0032] 本発明によれば、片持式垂直軸風車は、外輪側回転体と、内輪側固定柱と、外輪側回転体を支える複数の軸受とを備え、これらの軸受を外輪側回転体に水平方向の風力が作用する風圧中心位置よりも上側に少なくとも1個、該風圧中心位置よりも下側に少なくとも1個設けるので、垂直軸風車自体の全高を低く保つことが可能となるとともに、回転軸に生ずる繰返し荷重が減少し、振動安定性が良好となる。また、風とロータアンバランス荷重を受け止める重要部品である固定軸に作用する荷重は、風向とほぼ反対側の一方向の荷重になるので、振動の発生を大幅に減少させることができる。
- [0033] また、内輪側の軸を固定軸とすることが可能となり、この内輪側固定柱を撓みの少ない断面係数の大きな太い寸法に設定することが容易に可能となるので、強度上でも振動の安定性の上でもさらなる良好な構造となる。また、これにより内輪側固定柱を中空構造とすることが可能となるので、発電機に接続する電力線や各種の制御線を内輪側固定柱の内部に配線することができる。
- [0034] また、外輪側回転体のスリーブは、風圧中心位置を跨いだ位置、例えば外輪側回転体の上下2個所に少なくとも2つの軸受で支えられるために軸の歪みが極めて小さくなり、固有振動数も高くなり、振れ回りなどによる大振動を起こす可能性を解消することができる。

- [0035] また、片持式の内輪側固定柱の開放端側に発電機を設けたので、風車回転軸下方に伝達効率の低下や騒音の発生源となり易いギヤとピニオンから成る歯車伝達機構を用いる必要がなくなる。また、軸を下方へ伸ばす必要がなくなり垂直軸風車の全高を低くすることができる。
- [0036] また、外輪側回転体の回転トルクを発電機に伝達するカップリングに磁気式のカップリング設けられることで、カップリングの入出力両軸間の芯ずれの許容度を他の形式に較べて特に大きくすることが可能となり、伝達キャップや増速機又は発電機軸受に対して芯ずれによる反力から生まれる負荷が過大にかかることなく、ほぼ完全に回転のトルクのみを伝達することができる。
- [0037] また本発明によれば、片持式垂直軸風車は、外輪側回転体と、内輪側固定柱と、外輪側回転体を支える複数の軸受と、円柱または中空円筒状のトルク伝達軸とを備え、例えば軸受を外輪側回転体に水平方向の風力が作用する風圧中心位置よりも上側に少なくとも1個、該風圧中心位置よりも下側に少なくとも1個設けることで、発電機を風車の外輪側回転体の回転軸と同心円を維持しつつ外輪側回転体の真下にしかも基礎の上に直接設置することができ、そのため、回転体真下の自由なスペースに発電機ならびに増速機を設けることができ、大きさとレイアウトを自由に設計することが可能になりしかも振動を容易に抑制でき発電機の大型化が容易になるとともに自由度の高い意匠デザインを実現する可能性が広がる。また、風圧中心位置を跨いだ位置、例えば外輪側回転体の上下2個所に軸受を配するので、風車の軸を下方へ長く伸ばす必要がなく、また軸を振動させる荷重と曲げモーメントの小さな安定した運転を容易に維持することができる。
- [0038] また、発電機は地面に設置された架台の中に配置されるため、風車回転中心と増速機と発電機を内輪側固定柱と干渉しあうことなく一軸上にレイアウトすることができ、内輪側固定柱の基礎は増速機および発電機に干渉されずに自由に広げて強度の高い内輪側固定柱、およびその基礎の設計を容易に実現でき、しかも全体をシンメトリックに且つシンプルな外観に設計することができる。
- [0039] また、トルク伝達軸は一端が外輪側回転体と回転中心軸を互いに共有した位置(上端)でフレキシブル継ぎ手を介して連結したあと内輪側固定柱の内部を軸方向に貫



通して他端が出力軸端を形成しているので、外輪側回転体とトルク伝達軸の間の芯ずれに対する吸収力が著しく増加することができる。

[0040] また、トルク伝達軸を中空円筒状にすることで、トルク伝達軸の重量を軽減し且つ芯ずれに対する芯ずれ吸収力が増すことができる。

[0041] また、トルク伝達軸の振れを抑えて回転位置をガイドするためのトルク伝達軸用軸受をトルク伝達軸の外周に設けたので、トルク伝達軸は大きく振れ回らずに軸受のクリアランス範囲内で安定に回転することができる。

#### 図面の簡単な説明

[0042] [図1]第1の実施の形態の片持式垂直軸風車の構成を示す部分破断斜視図である。

[図2]第1の実施の形態の片持式垂直軸風車10の構成を示す断面図である。

[図3]回転軸に作用する風力についての試算結果を記載した図である。

[図4]第2の実施の形態の片持式垂直軸風車10Aの構成を示す断面図である。

[図5]フレキシブル継ぎ手を用いた他の連結例を示す図である。

#### 符号の説明

- [0043] 8 ポール  
 10,10A 片持式垂直軸風車  
 12 装着部  
 14,32 内輪側固定柱  
 16 発電機  
 17 外輪側回転体  
 18 ブレード  
 20 支持アーム  
 22,31 外輪スリーブ  
 24 トルク伝達キャップ  
 26 増速機  
 28 カップリング  
 30a, 30b, 30c 軸受  
 33 フレキシブル継ぎ手

34 トルク伝達軸

35 架台

36 ダストシール

37 トルク伝達軸用軸受

70…回転軸

発明を実施するための最良の形態

[0044] 以下、本発明の第1の実施の形態の片持式垂直軸風車について説明する。図1は、片持式垂直軸風車10の構成を示す部分破断斜視図である。図2は、片持式垂直軸風車10の構成を示す断面図である。

[0045] 図1及び図2に示すように垂直軸風車10には、電柱その他のポール8に装着する装着部12と、下端が装着部12に固定され軸受30a, 30b, 30cを介して垂直軸風車10の外輪側回転体17を支持する片持式の内輪側固定柱14と、この内輪側固定柱14の開放端側に設けた発電機16と、風力により回転トルクを発生する外輪側回転体17とを設けてある。

[0046] 外輪側回転体17には、風速を揚力に変換して回転トルクを生じるブレード18と、ブレード18を上下で支える流線形断面の支持アーム20と、支持アーム20を取り付ける外輪スリーブ22と、外輪スリーブ22の回転トルクを発電機16に伝達するトルク伝達キャップ24とを設けてある。

同図に示す「G」は、外輪側回転体17が風を受けた時に加わる力の平均位置(風圧中心と呼ぶ。)を示す。

[0047] このような構成により、内輪側固定柱14は回転しないので、慣性モーメントなどを気にせずに内輪側固定柱14を撓みの少ない断面係数の大きな太い寸法に設計することが容易に可能である。これにより内輪側固定柱14を中空構造とすることが可能(図2参照)となるので、発電機16に接続する電力線や各種の制御線を内輪側固定柱14の内部に配線することが可能となる。

[0048] また、外輪側回転体17の外輪スリーブ22は、風圧中心位置を跨いだ2箇所の軸受(例えば軸受30a, 30b, 30c)でラジアル方向の力を支えられるために外輪スリーブ22の歪みが極めて小さくなり、固有振動数も高く、振れ回りなどによる大振動を起こ

す可能性が減少する。

- [0049] 図1及び図2に示す例では、発電機16の入力軸に増速機26を取り付けてあり、外輪側回転体17の回転による発電電圧を高くするように調節している。伝達キャップ24と増速機26の間には、外輪側回転体17の回転トルクを増速機26を介して発電機16に伝達する機能を有するとともに、両軸間のずれや傾き、距離の変動を吸収するフレキシブル型のカップリング28を設けてある。カップリング28は、ゴム、バネ等の弾性体やオルダム式、回し金式を用いた接触式のカップリングを用いてもよいし、磁力を用いた磁気式カップリング等の非接触式のカップリングを用いてもよい。
- [0050] 従来の垂直軸風車では、発電機を風車ロータの下方に設置し、歯車伝達機構を介して風車ロータの回転トルクを伝達している例が多い。本発明のように、回転体を外輪側にする構造では、片持構造の内輪側固定柱14を外輪側回転体17の上部まで貫通させることが可能なので、内輪側固定柱14の先端(上端)に発電機16とユニット型の増速機26とを無理なく配置する設計を行なうことが可能となる。また、発電機16や増速機26、カップリング28を覆うカバーは、回転トルクを伝達する伝達キャップ24がそのカバーの機能を併せて受け持つことが可能となる。
- [0051] なお、発電機を軸受の下方に設置しようとする場合には、外輪側回転体にギヤを取付けるとともに発電機側にピニオンギヤを取付け、更にこれらの伝達機構を覆うカバー類や防水構造を設ける必要がある。前記ギヤとピニオンから成る歯車伝達機構は、伝達効率の低下や騒音の発生源となる可能性が高い構造である。
- [0052] また、特に磁気式カップリングを用いることによって、カップリング用のディスクがカップリング機構本体と直接接触することなく空隙を保ちながら磁力によって回転運動を増速機26側へ伝達するので、カップリングの入出力両軸間の芯ずれの許容度が大きく、伝達キャップ24や増速機又は発電機軸受に対して芯ずれによる反力から生まれる負荷が過大にかかることなく、ほぼ完全に回転のトルクのみを伝達することが可能となる。外輪側回転体17に発生するトルク以外の力とモーメントは、全て軸受30a, 30b, 30cによって支持される。
- [0053] 内輪側固定柱14と外輪スリーブ22との間には、軸受30a, 30b, 30cを設け、内輪側固定柱14は外輪スリーブ22を回動可能に支持している。外輪スリーブ22は、外

輪側回転体17全体の重量とダイナミックな力およびモーメントの全てを受けながら、内輪側固定柱14の外周を回転する。

- [0054] 図1及び図2に示す例では、軸受30a, 30bをラジアル荷重とスラスト荷重の両方の荷重を支えることが可能なアンギュラ軸受を背面合わせで使用しているが、本発明はこの組合せに限定されるものではなく、円錐ころ軸受を用いても良いし、ラジアル軸受及びスラスト軸受を独立して設けるようにしてもよい。また図2に示す例では、軸受30cにラジアル荷重を支えることが可能な玉軸受を使用しているが、本発明は玉軸受に限定するものではない。また図1に示す例では、軸受30aの上方にダストシール36を設け、軸受30aに対する塵埃の混入や水分の混入を防止している。
- [0055] 図1及び図2に示すように本発明では、垂直軸風車10の外輪側回転体17(回転体)に風力が作用する風圧中心位置Gを跨いだ位置に、ラジアル軸受としての機能を有する外輪側回転体17の軸受30a, 30b, 30cを設けている。この構造を採用することによって、風力が作用することによる外輪側回転体17の撓みと、その撓みによる振れ回りを大幅に減少させることが可能となり、安定な外輪側回転体17の支持系を実現することができる。したがって、外輪側回転体17の振動や、回転機構全体の共振や騒音の発生を大幅に減少させることが可能である。
- [0056] 上記軸受30a, 30b及び軸受30cの間隔は、好ましくは互いに少なくとも軸受内径の5倍以上距離を十分に離して配置するとよい。また、垂直軸風車10の外輪側回転体17(回転体)に風力が作用する風圧中心位置Gにラジアル軸受を設けることによって、同様の作用、効果を得ることも可能である。
- [0057] 図3に、回転軸に作用する風力についての試算結果を記載する。例えば、2枚翼風車のブレードの翼弦長が0.2m、ブレードのスパンが1.8mの場合であって、回転するブレードにある一方向から風速( $V=12\text{m/s}$ )の風を受けた場合(ブレードの翼面方向の抵抗係数 $CD \approx 2$ とした場合)には、1枚のブレードは1回転する間に1度、約65Nの抗力を受け、更に180度回転したときに反対方向の力は-65Nの抗力を受ける。2枚目のブレードも単純化して言えば同様の抗力を受けるので、2枚のブレード合計では片側方向に合計約130Nの荷重を受けていることになる。風車が一回転すると、軸回転型の風車の回転軸にはその+130Nと-130Nの大きな繰返し変動荷

重が作用し、この荷重の変動が回転軸70の振れ回りの原因となる。

- [0058] このように本実施の形態においては、複数のブレード18を有し、風力により回転トルクを発生する外輪側回転体17と、上端が自由端で下端が固定端である内輪側固定柱14と、外輪側回転体17と内輪側固定柱14との間に設けられた軸受30a, 30b, 30cとを備え、軸受30a, 30b, 30cは、外輪スリーブ22の上下端の2個所に設けられる。また、内輪側固定柱の上端に発電機が設けられ、外輪側回転体17と発電機16との間に、外輪側回転体17の回転トルクを発電機16に伝達する磁気式カップリング28が設けられる。
- [0059] これにより、垂直軸風車自体の全高を低く保つことが可能となるとともに、回転軸に生ずる繰返し荷重が減少し、振動安定性が良好となる。また、風とロータアンバランス荷重を受け止める重要部品である固定軸に作用する荷重は、風向とほぼ反対側の一方向の荷重になるので、振動の発生を大幅に減少させることができる。
- [0060] また、内輪側固定柱14を撓みの少ない断面係数の大きな太い寸法に設定することが容易にできるので、強度上でも振動の安定性の上でもさらなる良好な構造となる。また、これにより内輪側固定柱14を中空構造とすることが可能となるので、発電機16に接続する電力線や各種の制御線を内輪側固定柱14の内部に配線することができる。
- [0061] また、外輪側回転体17のスリーブ22は、風圧中心位置を跨いだ2つの位置に軸受30a, 30b, 30cで支えられるために軸の歪みが極めて小さくなり、固有振動数も高くなり、振れ回りなどによる大振動を起こす可能性が少なくなる。
- [0062] また、磁気式のカップリング28を用いるため、カップリングの入出力両軸間の芯ずれの許容度を他の形式に較べて特に大きくすることが可能となり、伝達キャップや増速機26又は発電機16の軸受に対して芯ずれによる反力から生まれる負荷が過大にかかることなく、ほぼ完全に回転のトルクのみを伝達することができる。
- [0063] 以下、本発明の第2の実施の形態の片持式垂直軸風車について説明する。図4は、片持式垂直軸風車10Aの構成を示す断面図である。
- [0064] 図4に示すように、片持式垂直軸風車10Aは、ブレード18、支持アーム20および外輪スリーブ31からなる外輪側回転体17と、外輪側回転体17を支持する片持式の

内輪側固定柱32と、外輪側回転体17と内輪側固定柱32との間に設けられた軸受30a, 30b, 30cと、トルク伝達軸34と、架台35と、発電機16と、増速機26と、カップリング28と、トルク伝達軸用軸受36とを備えている。

[0065] ブレード18は、支持アーム20を介して外輪スリーブ31に装着されている。この例では、支持アーム20は上、中、下の3つの位置に設けられている。外輪スリーブ31は、軸受30a, 30b, 30cを介して内輪側固定柱32に支持されている。軸受30a, 30b, 30cは、外輪側回転体17に風力が作用する風圧中心位置Gを跨いだ位置、即ち軸受30a, 30bは外輪スリーブ31の上部に、軸受30cは外輪スリーブ31の下部に設けられる。

[0066] 内輪側固定柱32は、中空円筒状で、上端が自由端で下端が固定端である。この内輪側固定柱32の下端は架台35に固定されている。

[0067] また、トルク伝達軸34は、中空円筒状に形成され、上端でフレキシブル継ぎ手33を介して外輪スリーブ31に連結されている。このトルク伝達軸34は、内輪側固定柱の内部を自由端から固定端方向に貫通して架台35の中に差し込み、この下端の軸端部分が風車の出力軸端機能を担う。またトルク伝達軸34の下端はトルク伝達軸用軸受36によりガイドされている。

[0068] 増速機26と発電機16は、架台35の内部の基礎上に配置され、そして、カップリング28を介してトルク伝達軸34の下端と接続されている。外輪側回転体17が発生した回転トルクはトルク伝達軸34を介して発電機16へ伝送される。

[0069] 図5は、フレキシブル継ぎ手33を用いた他の連結例を示す図である。図5に示すように、連結トルク伝達軸34と外輪スリーブ31を連結する際に、トルク伝達軸34の上端は、ネジでフレキシブル継ぎ手33の中央部に固定される。また、外輪スリーブ31の上端は、フランジ部が形成されており、このフランジ部はフレキシブル継ぎ手33外周部に固定される。

[0070] このように本実施の形態においては、風力により回転トルクを発生する外輪側回転体17と、上端が自由端で下端が固定端である円筒状の内輪側固定柱32と、外輪側回転体17と内輪側固定柱32との間に設けられた軸受30a, 30b, 30cと、上端が風車回転体と同一回転中心軸を有するように外輪側回転体17に連結され、かつ内輪

側固定柱32の内部を軸方向に貫通して下端が出力軸端を形成する中空円筒状のトルク伝達軸34とを備え、トルク伝達軸34の上端はフレキシブル継ぎ手33を介して外輪スリーブ31に連結され、下端はトルク伝達軸用軸受36によりガイドされている。

[0071] これにより、発電機16を風車の外輪側回転体17の回転軸と同心円を維持しつつ外輪側回転体17の真下にしかも基礎の上に直接設置することができ、そのため、回転体真下の自由なスペースに発電機16ならびに増速機26を設けるので、大きさとレイアウトを自由に設計することが可能になりしかも振動を容易に抑制でき発電機16の大型化が容易になるとともに自由度の高い意匠デザインを実現する可能性が広がる。また、風圧中心位置を跨いだ位置、例えば上下に軸受を配するので、風車の軸を下方へ長く伸ばす必要がなく、また軸を振動させる荷重と曲げモーメントの小さな安定した運転を容易に維持することができる。

[0072] また、発電機16は地面に設置された架台35の中に配置されるため、風車回転中心と増速機26と発電機16を内輪側固定柱32と干渉しあうことなく一軸上にレイアウトすることができ、内輪側固定柱32の基礎は増速機26および発電機16に干渉されずに自由に広げて強度の高い内輪側固定柱32、およびその基礎の設計を容易に実現でき、しかも全体をシンメトリックに且つシンプルな外観に設計することができる。

[0073] また、トルク伝達軸34は一端が外輪側回転体17と回転中心軸を互いに共有した位置でフレキシブル継ぎ手33を介して連結したあと内輪側固定柱32の内部を軸方向に貫通して他端が出力軸端を形成しているので、外輪側回転体17とトルク伝達軸34の間の芯ずれに対する吸収力が著しく増加することができる。

[0074] また、トルク伝達軸34を中空円筒状にしたことで、トルク伝達軸34の重量を軽減し且つ芯ずれに対する芯ずれ吸収力が増すことができる。

[0075] また、トルク伝達軸34の振れを抑えて回転位置をガイドするためのトルク伝達軸用軸受36をトルク伝達軸34の外周に設けたので、トルク伝達軸34は大きく振れ回らずに軸受30a, 30b, 30cのクリアランス範囲内で安定に回転することができる。

[0076] なお、上述実施の形態においては、内輪側固定柱14と外輪スリーブ22との間(または内輪側固定柱32と外輪スリーブ31との間)には、2つの軸受30a, 30bが上部に設けられた構成としたが、これに限定されるものではない。例えば上部に1つの軸受3

0aのみを設けてもよい。

[0077] また、上述実施の形態においては、軸受30a, 30b, 30cを外輪側回転体の上下2個所に設けたものについて説明したが、これに限定されるものではない。風圧中心位置を跨いだ他の位置に設けるようにしてもよい。

[0078] また、上述実施の形態においては、上下2個所にラジアル軸受としての機能を有する軸受30a, 30b, 30cを用いたものについて説明したが、これに限定されるものではない。例えば、第1の実施の形態の片持式垂直軸風車10において、上部にラジアル軸受を設け、下部にスラスト軸受を設けるようにしてもよい。また、第2の実施の形態の片持式垂直軸風車10Aにおいて、上部にスラスト軸受を設け、下部にラジアル軸受を設けるようにしてもよい。

[0079] また、上述実施の形態においては、トルク伝達軸34は、中空円筒状であるものについて説明したが、これに限定されるものではない。トルク伝達軸34を円柱状にしてもよい。

[0080] また、上述第1の実施の形態の片持式垂直軸風車10においては、下端が固定端とした例について説明したが、これに限定されるものではない。

[0081] また、図1、図2、図4は翼の形状が直線翼型になっているが、風車上部に支持ケーブルの無い片持構造であるかぎり翼の形が曲線状であっても良い。

#### 産業上の利用可能性

[0082] 本発明に係る片持式垂直軸風車は、揚力型の高い出力性能を有しながら同時に回転機構全体の振動問題を予防し高い運転安定性と信頼性ならびに耐久性を実現し、且つ都市型にはとくに重要な意匠デザイン上の自由度を与え優れた意匠デザインをも可能とするものであり、人々の生活圏に置く都市型風力発電機に非常に適した技術であるといえる。



## 請求の範囲

- [1] 複数のブレードを有し、風力により回転トルクを発生する外輪側回転体と、  
一方の端が外部に拘束されない自由端で他方の端が固定端である1本の内輪側固定柱と、  
前記外輪側回転体と前記内輪側固定柱との間に装着され、内輪側固定柱上で前記外輪側回転体を支える複数の軸受とを備えたことを特徴とする片持式垂直軸風車。
- [2] 複数のブレードを有し、風力により回転トルクを発生する外輪側回転体と、  
一方の端が外部に拘束されない自由端で他方の端が固定端である1本の内輪側固定柱と、  
前記外輪側回転体と前記内輪側固定柱との間に装着され、内輪側固定柱上で前記外輪側回転体を支える複数の軸受とを備え、  
前記軸受を、前記外輪側回転体に水平方向の風力が作用する風圧中心位置よりも上側に少なくとも1個、前記風圧中心位置よりも下側に少なくとも1個設けることを特徴とする片持式垂直軸風車。
- [3] 前記内輪側固定柱の自由端側に発電機が設けられることを特徴とする請求項1または2に記載の片持式垂直軸風車。
- [4] 前記外輪側回転体と前記発電機との間に、前記外輪側回転体の回転トルクを前記発電機に伝達する磁気式カップリングが設けられることを特徴とする請求項3に記載の片持式垂直軸風車。
- [5] 複数のブレードを有し、風力により回転トルクを発生する外輪側回転体と、  
一方の端が外部に拘束されない自由端で他方の端が固定端である1本の内輪側固定柱と、  
前記外輪側回転体と前記内輪側固定柱との間に装着され、内輪側固定柱上で前記外輪側回転体を支える複数の軸受と、  
前記外輪側回転体に連結され、前記内輪側固定柱の内部を自由端から固定端方向に貫通して軸端部分が風車の出力軸端機能を担う円柱または中空円筒状のトルク伝達軸とを備えたことを特徴とする片持式垂直軸風車。

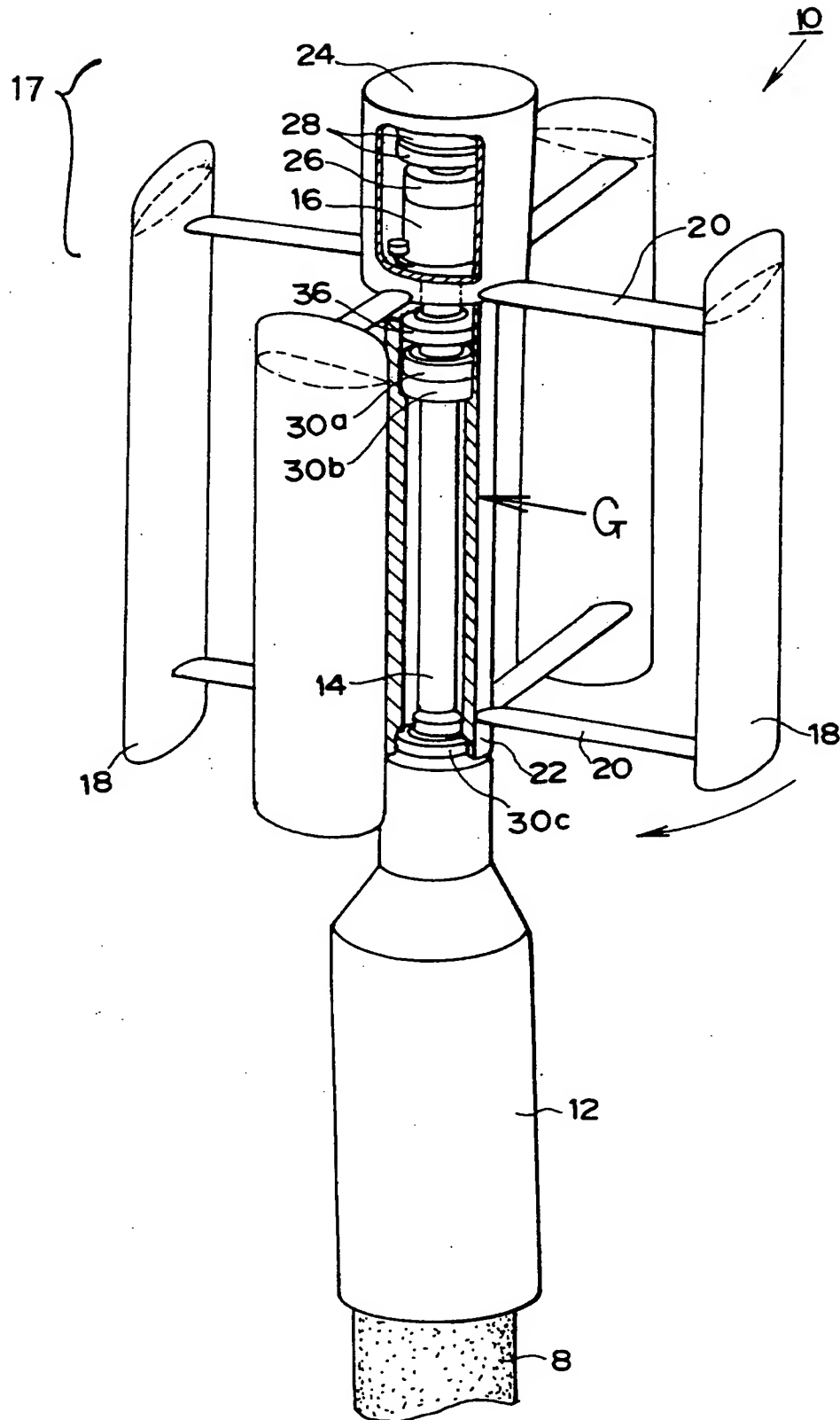
- [6] 前記内輪側固定柱は内部空間を有する架台の上に搭載され、発電機は前記架台下の内部空間で基礎上に据え付けられ、発電機入力軸が前記内輪側固定柱の内部から架台内部空間に延びた前記トルク伝達軸と直接または間接的に連結していることを特徴とする請求項5に記載の片持式垂直軸風車。
- [7] 前記トルク伝達軸の上端はフレキシブル継ぎ手を介して前記風車回転体と連結されていることを特徴とする請求項6に記載の片持式垂直軸風車。
- [8] 前記トルク伝達軸の振れを抑えて回転位置をガイドするためのトルク伝達軸用軸受を前記トルク伝達軸外周に設けたことを特徴とする請求項5乃至7のいずれかに記載の片持式垂直軸風車。
- [9] 複数のブレードを有し、風力により回転トルクを発生する外輪側回転体と、  
一方の端が外部に拘束されない自由端で他方の端が固定端である1本の内輪側固定柱と、  
前記外輪側回転体と前記内輪側固定柱との間に装着され、内輪側固定柱上で前記外輪側回転体を支える複数の軸受と、  
前記外輪側回転体に連結され、前記内輪側固定柱の内部を自由端から固定端方向に貫通して軸端部分が風車の出力軸端機能を担う円柱または中空円筒状のトルク伝達軸とを備え、  
前記軸受を、前記外輪側回転体に水平方向の風力が作用する風圧中心位置よりも上側に少なくとも1個、前記風圧中心位置よりも下側に少なくとも1個設けることを特徴とする片持式垂直軸風車。
- [10] 前記内輪側固定柱は内部空間を有する架台の上に搭載され、発電機は前記架台下の内部空間で基礎上に据え付けられ、発電機入力軸が前記内輪側固定柱の内部から架台内部空間に延びた前記トルク伝達軸と直接または間接的に連結していることを特徴とする請求項9に記載の片持式垂直軸風車。

## 要 約 書

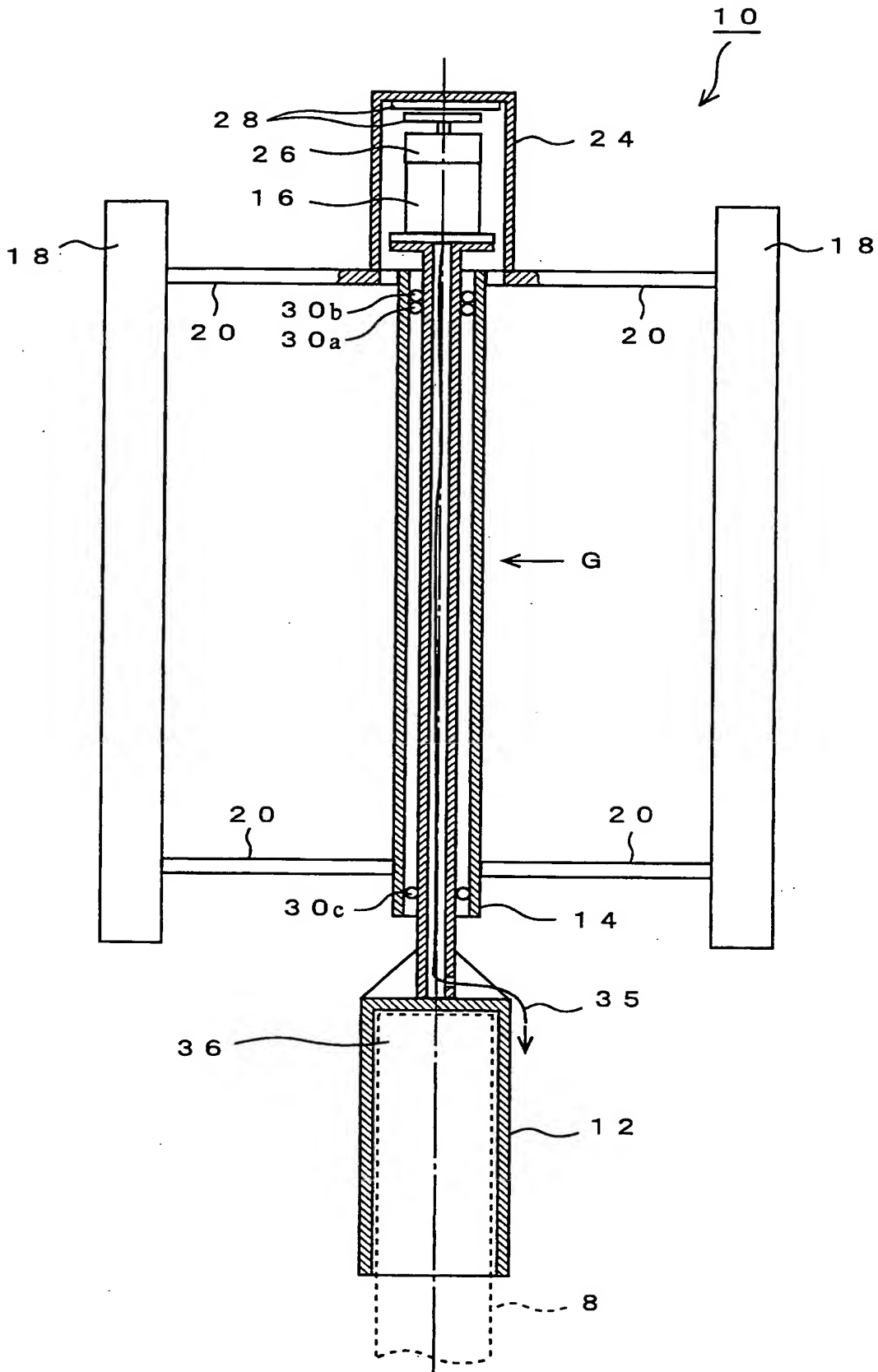
回転軸に生ずる繰返し荷重が少なく、高度の振動安定性と低騒音性を有する片持式垂直軸風車を提供することを目的とする。

風力により回転トルクを発生する垂直軸風車10の外輪側回転体17と、ラジアル方向の力を軸支する軸受30a, 30b, 30cを介して垂直軸風車10の外輪側回転体17を支持する片持式の内輪側固定柱14と、垂直軸風車10の外輪側回転体17に風力が作用する風圧中心位置を跨いだ位置に存在して、外輪側回転体17と内輪側固定柱14とを軸支する軸受30a, 30b, 30cとを備えた。

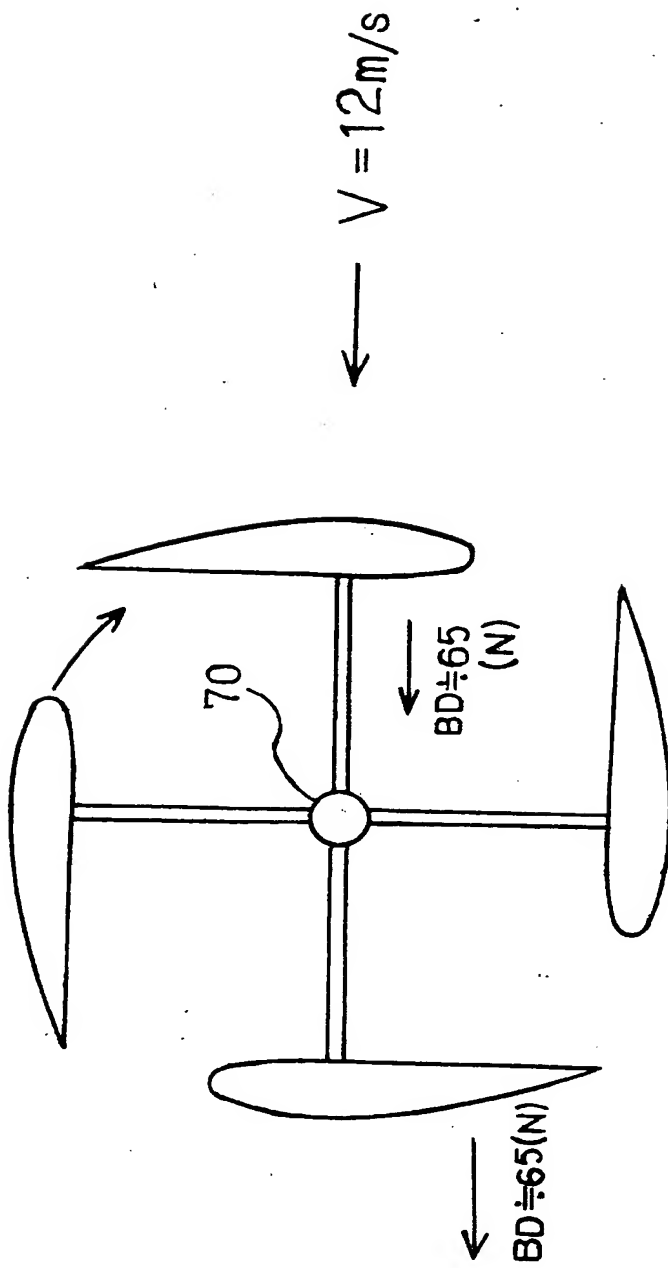
[図1]



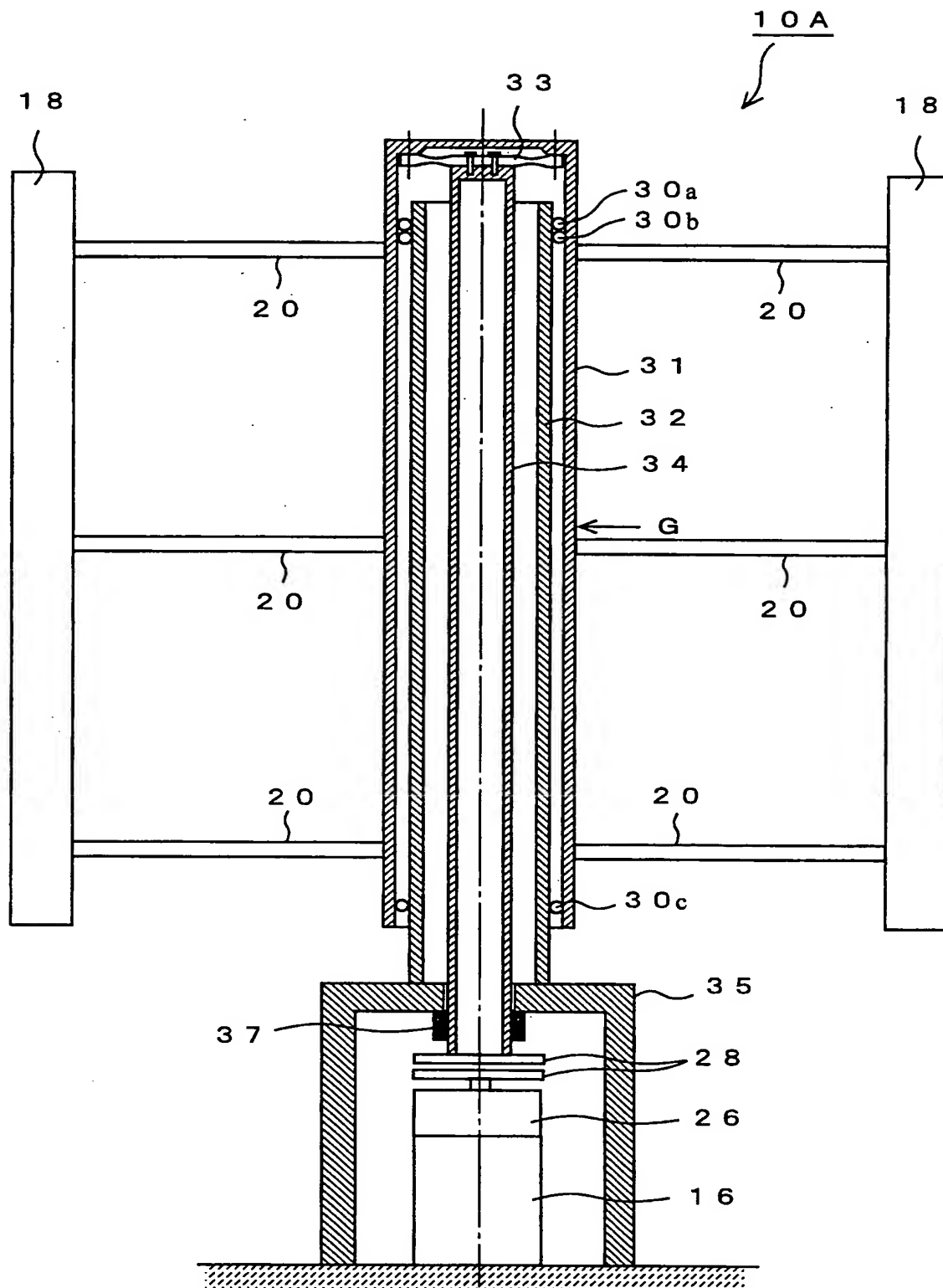
[図2]



[図3]



[図4]



[図5]

